动 物 学 研 究 2005, Feb. 26 (1): 82-88 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

鲑点石斑鱼和大眼鳜鳃的扫描电镜观察

黄建华[1]，李加儿[1,*]，刘 匆[1,2]，区又君[1]
(1. 中国水产科学研究院 南海水产研究所，广东 广州 510300；2. 上海水产大学，上海 200090)

摘要：对鲈形目鮨科、底栖生活、凶猛肉食性的鲑点石斑鱼（*Epinephelus fario*）和大眼鳜（*Siniperca kneri*）鳃的结构进行扫描电镜观察。结果表明，两种鱼鳃的表面结构和微细结构与其他硬骨鱼类基本相似，鳃丝表面都具有规则或不规则分布的环形微嵴、沟、坑、孔等结构；然而两者的鳃小片都较高，表面更加凹凸不平，是对低溶氧环境的适应。鲑点石斑鱼的鳃丝表面一部分较为平坦，另一部分则凹凸不平，其鳃小片高度也高于大眼鳜，因而具有更大的表面积和较高的摄氧效率。在扫描电镜下能在鲑点石斑鱼和大眼鳜的鳃上分辨出扁平上皮细胞、氯细胞和粘液细胞3种细胞：前者鳃上的扁平上皮细胞界限清楚，而后者的界限模糊且表面遍布不规则的微嵴；前者的鳃丝和鳃小片上氯细胞的数量明显多于后者，两者细胞形态也存在差异；而鳃丝表面的粘液细胞的数量则是后者较多。两种鱼鳃上的细胞的形态结构及数量分布存在的差异，可能与前者生活于海水而后者生活于淡水的不同生活环境有关。

关键词：鲑点石斑鱼；大眼鳜；鳃；微细结构
中图分类号：Q959.483 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2005)01-0082-07

A Scanning Electron Microscopical Observation of the Gills of *Epinephelus fario* (Thunberg) and *Siniperca kneri* Garman

HUANG Jian-hua[1], LI Jia-er[1,*], LIU Cong[1,2], OU You-jun[1]
(1. *South China Sea Fisheries Research Institute*, *Chinese Academy of Fishery Sciences*, *Guangzhou* 510300, *China*;
2. *Shanghai Fisheries University*, *Shanghai* 200090, *China*)

Abstract: Gills were operated with scanning electron microscopy (SEM) in *Epinephelus fario* (Thunberg) and *Siniperca kneri* Garman, both of which belong to Serranidae, Perciformes, and benthic living and ferocious predatory fishes. The results indicate that the surface architecture and ultrastructure of gill of two species of fishes are similar to other teleosts. They show the presence of various features such as regular and irregular circular microridges, indentations, micropits and crevices. However, their secondary gill lamellaes are rather higher and their surfaces much more concave and unevenness. It maybe acclimates to lower dissolve oxygen in the bottom of water. Some surface architecture of gill filaments of *E. fario* are smoothness, the others are concave and unevenness. The height of secondary gill lamellaes of *E. fario* is higher than that of *S. kneri*, so the former's surface area is larger and respiratory efficiency better than the latter's. Three kinds of epithelial gill cells, i.e. pavement cell, chloride cell and mucous cell in *E. fario* and *S. kneri* can be distinguished under SEM: The limit of pavement cells in the former is well defined by long and circular microridges, but in the latter characterized by irregular microridge throughout the cell surface, with unclear definition of cell boundaries; The number of chloride cells of the gill filament and lamellar in the former is higher than in the latter, and the morphology of chloride cells of both fishes are different; The number of mucous cells of the gill in the former is lower than in the latter. Those differences may be related to inhabit environment and mode of life of two species. The former live in seawater, while the latter live in fresh water.

Key words: *Epinephelus fario* (Thunberg); *Siniperca kneri* Garman; Gill; Ultrastructure

---

收稿日期：2004-08-27；接受日期：2004-11-18
基金项目：广东省重大科技兴海项目（A200051A03）
* 通讯作者（Correspond author），E-mail：lje001@163.net
第一作者简介：黄建华（1972-），男，助理研究员，从事水产基础生物学研究。E-mail：hjh210440@sina.com.cn。

鳃是鱼类的一种多功能的器官和复杂的内部组织，它的基本结构在大多数的硬骨鱼类是相似的（Rajbanshi，1977；Laurent，1984；Fernandes & Perna-Martins，2001；Wang & Dong，1990；Xing et al，2000；Fang et al，2001）。鳃是鱼类的呼吸器官，是气体交换的主要场所；它参与鱼类渗透压的调节、酸碱调节及氮的分泌（Fernandes & Perna-Martins，2001）；在某些鱼类，它还有过滤食物的作用。鳃丝上的微细结构是完成这些生理活动的基本单位。鱼类的生活习性、栖息习性、洄游习性、摄食习性及游泳速度等都对鱼类的鳃的微细结构产生影响。因此研究不同种鱼鳃丝上的微细结构对揭示它们的生理活动规律具有十分重要的意义（Wang & Dong，1990）。

鲑点石斑鱼［*Epinephelus fario*（Thunberg）］和大眼鳜（*Siniperca kneri* Garman）同属鲈形目鮨科，生活习性都是底栖生活、凶猛肉食性。但两种鱼的生活环境完全不同，鲑点石斑鱼生活在海水中，而大眼鳜生活在淡水里。本文旨在通过对两种鱼鳃丝和鳃小片及其上的几种细胞的超微结构的观察，比较两者的差异与其生活环境之间的关系。

1 材料与方法

1.1 材料及其来源

实验鱼于2003年3月16日购自广州市黄沙水产市场，各选购5尾健康、正常的鲑点石斑鱼和大眼鳜成鱼，鲑点石斑鱼体重为525～570 g，大眼鳜体重为380～420 g。

1.2 方 法

从活体实验鱼取下鱼鳃小块，取下第二鳃弓上的部分鳃丝，经生理盐水漂洗后（洗尽血污和粘液），放入2.5%戊二醛（0.1 mol/L磷酸缓冲液配制，pH 7.4），4 ℃冰箱固定12 h；然后用0.1 mol/L磷酸缓冲液（pH 7.4）冲洗三次，每次15 min；1%锇酸固定后，4 ℃冰箱保存2 h，再用0.1 mol/L磷酸缓冲液冲洗三次，每次15 min。50%～100%乙醇逐级脱水，醋酸异戊酯置换，常规临界干燥，真空离子镀膜，在PhilipsEM400型扫描电镜下观察、拍照。

2 结 果

2.1 鳃的基本结构

鲑点石斑鱼和大眼鳜鳃的基本结构相似，具四对鳃，每一鳃弓上有两片大小、结构相似的鳃片，每一鳃片由许多鳃丝连续紧密排列而成，每一鳃丝两侧具有许多以鳃丝为主轴，呈褶状的薄片状的鳃小片。

鲑点石斑鱼鳃丝直径150～250 μm，鳃丝间距50～130 μm，鳃小片突起高30～150 μm，厚约10 μm，鳃小片间距10～20 μm，1 mm鳃丝上有30～35片鳃小片（图1）。

大眼鳜鳃丝直径130～160 μm，鳃丝间距100～180 μm，鳃小片突起高30～100 μm，厚约10 μm，鳃小片间距约20 μm，1 mm鳃丝上有30～35片鳃小片（图8）。

2.2 鳃丝表面的微细结构

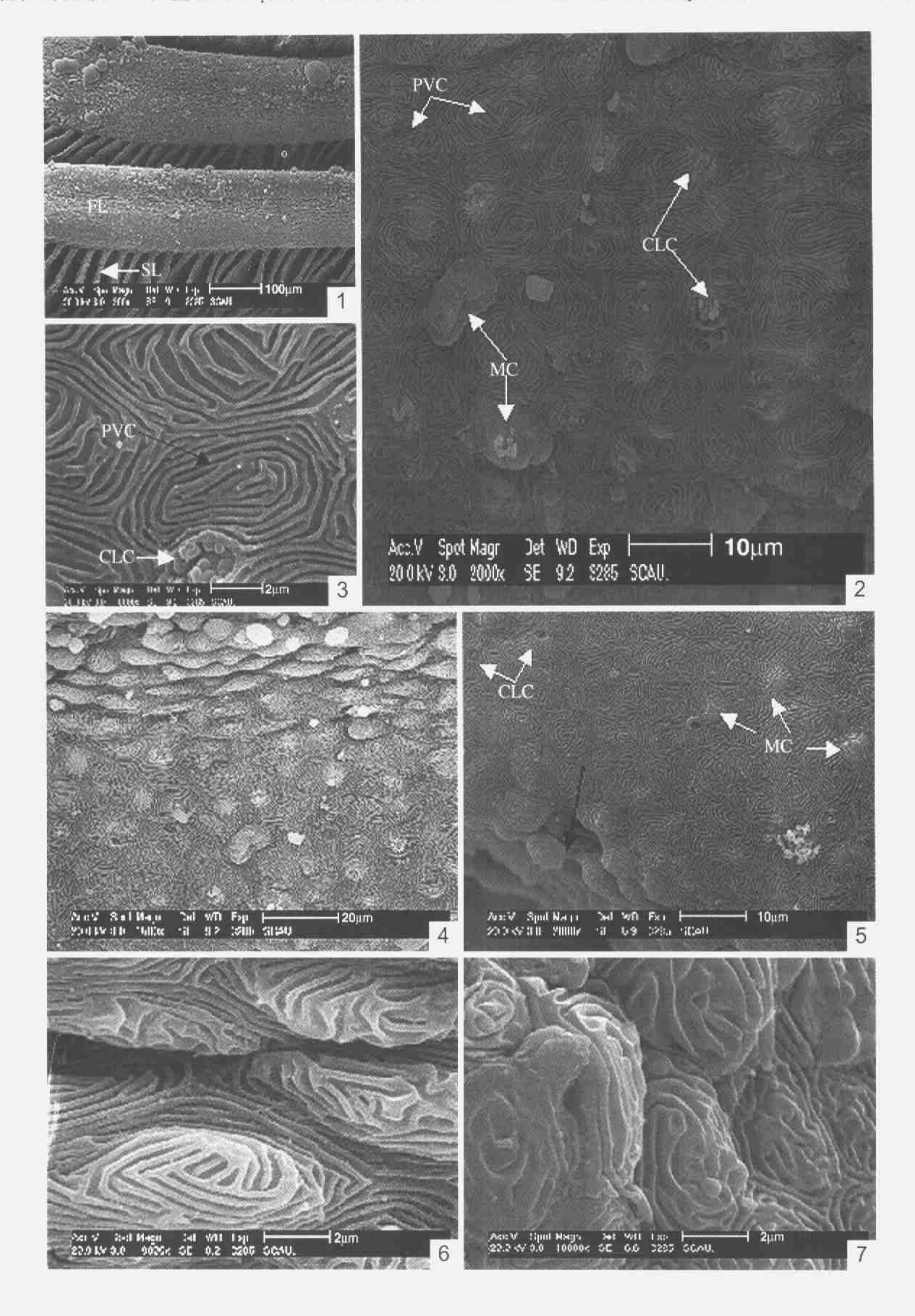
按照Laurend（1984）的划分，把鳃小片的表面称为鳃小片表皮，其余的表面统称为鳃丝表皮，在扫描电镜下能在鳃丝表皮上分辨出3种细胞，即扁平上皮细胞（pavement cell）、氯细胞（chloride cell）和粘液细胞（mucous cell），鳃丝表皮主要由扁平上皮细胞构成。

鲑点石斑鱼鳃丝基部与中部的表面扫描电镜显示，其鳃丝表面存在两种明显不同的表观结构：一部分鳃丝表皮平坦，而相邻的另一部分鳃丝表皮凹凸不平（图4）。鲑点石斑鱼的呼吸面由扁平上皮细胞所覆盖，细胞间排列紧密，扁平上皮细胞薄，高度血管化，表皮下分布大量的毛细血管而形成呼吸面隆起——微嵴（microridge），细胞表面的微嵴高低起伏、凹凸不平，呈现出强烈的立体迷宫图案，大多数扁平上皮细胞边缘微嵴突出而规则，细胞轮廓清晰；少数细胞边缘微嵴排列紊乱，相邻细胞之间的界限也比较模糊（图6、7）。非呼吸面主要也是由扁平上皮细胞所覆盖，细胞轮廓清晰，细胞表面的微嵴环绕成环状、沟状的迷宫图案，有的微嵴间出现愈合、间断；扁平上皮细胞之间可见氯细胞和粘液细胞的分泌孔及颗粒。鲑点石斑鱼鳃丝表面的分泌孔较多（图2、3、5）。非呼吸面和呼吸面的最主要区别在于前者表面较为平坦，分泌孔较多。鳃丝不同部位的表面结构基本相似，在细微形态上略有区别。

大眼鳜鳃丝表面亦可见3种细胞，以扁平上皮细胞为主。一部分鳃丝表皮凸起成圆形或椭圆形，顶部表面平滑，没有微嵴和微绒毛，较低倍数显微镜下隐约可见其上有小孔，高倍数显微镜下清楚可见扁平上皮细胞之间稍微凹陷，有一膜状结构，膜

的中央有两个小孔（孔径 0.2～0.5 μm）（图 9、10），推测为粘液细胞及其开孔。粘液细胞数量较多，分布于扁平上皮细胞之间。在鳃丝表面有些较大孔径的圆形开口，直径约 3 μm，推测为氯细胞在鳃丝表面的开孔。大眼鳜鳃丝扁平上皮细胞之间的界限模糊，难以确定其细胞的真实形状，其表面微嵴纹路紊乱，没有规则（图 9、10）。

2.2.1 扁平上皮细胞(pavement cell) 扁平上皮细



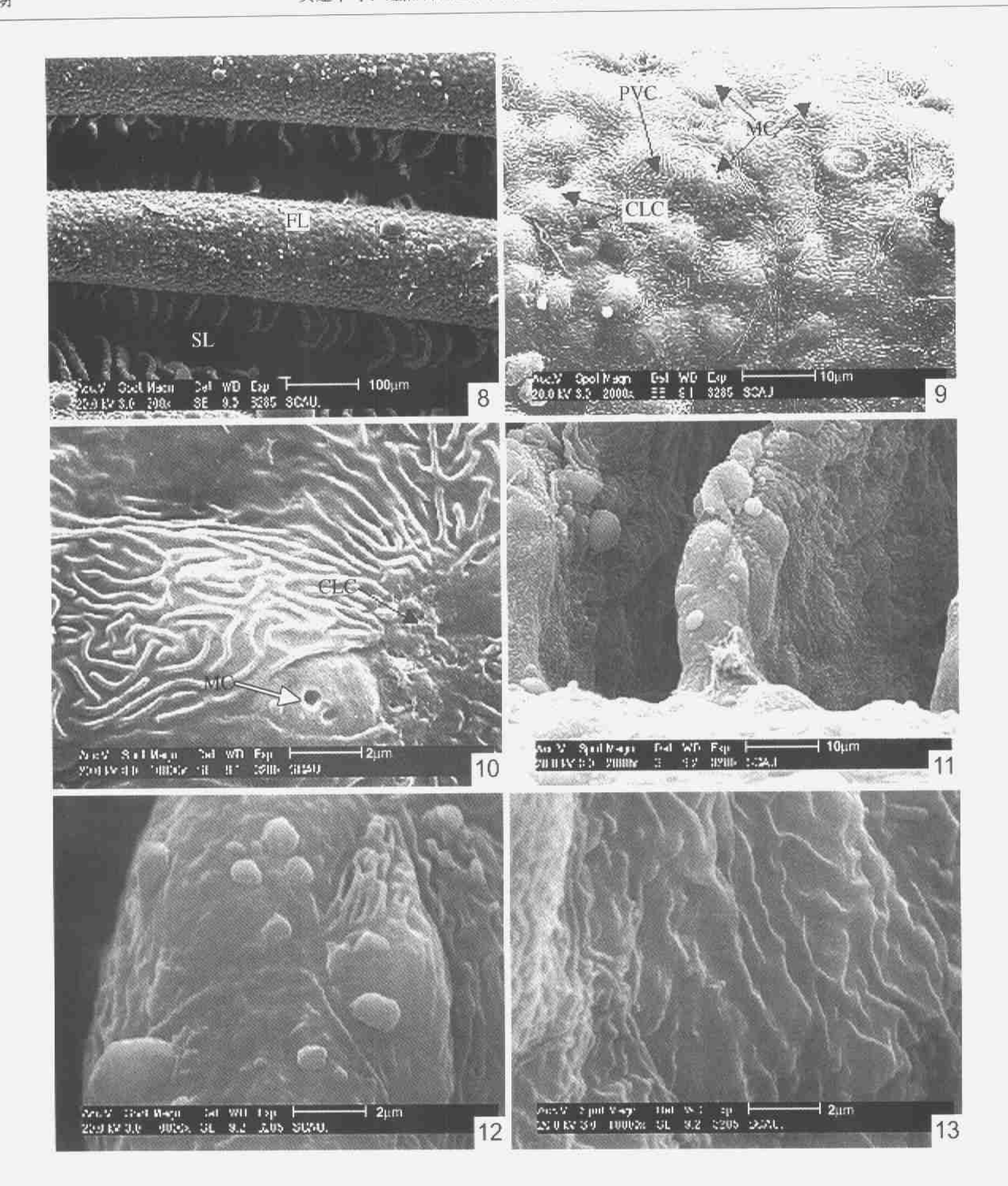


图 1—13　鲑点石斑鱼和大眼鳜鳃

Figs.1－13　Gills of *Epinephelus fario* and *Siniperca kneri*

CLC：氯细胞（Chloride cell）；FL：鳃丝（Gill filament）；MC：粘液细胞（Mucous cell）；PVC：扁平上皮细胞（Pavement cell）；SL：鳃小片（Secondary gill lamellae）。

1－8．鲑点石斑鱼（*Epinephelus fario*）

1．鳃丝和鳃小片（The gill filaments and secondary gill lamellaes）；

2．鳃丝基部表皮细胞形态和分布，示扁平上皮细胞、氯细胞和粘液细胞（Epithelial gill cell morphology and distribution，showing pavement cells，chloride cells and mucous cells）；

3．黑色箭头示扁平上皮细胞顶部表面微嵴，白色箭头示氯细胞顶部开孔及分泌颗粒（Black arrow showing the microridge of surface architecture of pavement cells，and white arrow showing the orifices and secreted granules of surface architecture of chloride cells）；

4．示鳃丝基部表面凹凸不平（Some surface architectures of gill filaments smoothness，and the others concaves）；

5．黑色箭头示鳃丝中部平坦表面与凹凸不平表面交界处（Black arrow indicating the common boundary between the smoothness surface and concaves surface in the middle part of gill filaments）；

6—7．鳃丝表面凹凸不平交界处细胞的超微形态，示微嵴、沟壑（The surface architecture and ultrastructure of cells of gill filaments，showing the presence of various features such as regular and irregular circular microridges，indentations，micropits and crevices）；

8—13. 大眼鳜 (*Siniperca kneri*)
8. 鳃丝和鳃小片 (The gill filaments and secondary gill lamellaes);
9. 大眼鳜鳃丝表面细胞间界限不清晰、表面微嵴纹路不规则，示其扁平上皮细胞、氯细胞和粘液细胞 (The pavement cells characterized by irregular microridge throughout the cell surface, with unclear definition of cells' boundaries, showing pavement cells, chloride cells and mucous cells);
10. 黑色箭头示氯细胞顶部有许多开孔，白色箭头示粘液细胞及其开孔 (Black arrow showing many openings on the top of chloride cell, and white arrow showing the mucous cell and its openings);
11. 示鳃小片表面凹凸不平 (Showing the concave and convex surface architecture of secondary gill lamellaes);
12. 鳃小片侧面细胞表面 (The surface architecture of the side of secondary gill lamellaes);
13. 鳃小片正面细胞表面 (The surface architecture of the obverse of secondary gill lamellaes)。

胞的形态特点是表面有微嵴 (microridge)，微嵴的宽度0.2~0.3 μm。鲑点石斑鱼的微嵴主要以环形为主，单个细胞微嵴的形态基本一致，扁平上皮细胞表面观以不规则的六边形为主，或类似菱形的四边形，细胞间界限清楚 (图3、6、7)。大眼鳜的微嵴有环形、短棒状、鹿角状，形态较为多样和复杂 (不规则)，扁平上皮细胞间界限模糊 (图9、10)。

2.2.2 氯细胞 (chloride cell)　鲑点石斑鱼和大眼鳜的氯细胞在形态上有些差异。鲑点石斑鱼的鳃丝表面的氯细胞数量较多，散布于扁平细胞之间。其游离面明显向外膨胀，细胞边缘低于扁平上皮细胞的表面，氯细胞的粘液表层通常沉积在扁平上皮细胞的下面，在扁平细胞之间产生“开孔”，有些可见其分泌颗粒 (图2、3)。

大眼鳜鳃丝表面的氯细胞数量较少，位于相邻扁平上皮细胞的紧密连接处。氯细胞游离面完全是由密集而又纤细的微绒毛构成，可见到其含有的亚顶端气孔和分泌孔 (图9、10)。

2.2.3 粘液细胞 (mucous cell)　粘液细胞主要根据其环形开口和排出的粘液物质来识别，电子显微镜显示其位于扁平上皮细胞纵深处或其他扁平上皮细胞之间。虽然扫描电镜下难以观察到其具体形态，但仍可凭借其特点分辨出来。在鲑点石斑鱼鳃丝的基部、中部和末稍表面布满了粘液细胞，以鳃丝基部与鳃小片之间的鳃丝上皮数量稍多。也有一些表皮细胞向外突出，其表面较平滑 (直径3~5 μm)，可能是尚未开口的粘液细胞 (图5)。

大眼鳜鳃丝表面可见较多的粘液细胞，大多数呈圆形 (直径4~7 μm)，其中大多数的粘液细胞向外突出，表面较平滑。这些细胞几乎被相邻的扁平上皮细胞所覆盖，它们露出的表面部分 (直径2~4 μm) 的上面有两个小孔 (直径0.2~0.3 μm) (图9、10)。大眼鳜鳃小片上没有发现粘液细胞，与大多数淡水鱼类相似。

2.3 鳃小片的形态结构

鳃小片的形状类似流线型。鲑点石斑鱼的鳃小片在鳃丝不同部位的高度不一致，鳃丝基部与端部的鳃小片较低矮，而中部的明显较高。鳃丝基部和端部的鳃小片的高度范围在30~50 μm，鳃丝中部的鳃小片高度为100~150 μm，厚约10 μm，两鳃小片间距为20 μm (图1)。大眼鳜的鳃小片与鲑点石斑鱼的相似，鳃丝端部的鳃小片高度为30~50 μm，中部的鳃小片高度为60~100 μm，厚约10 μm，两鳃小片间距约20 μm (图8、11—13)。

3 讨论

鳃是鱼类的主要呼吸器官，这是由鳃所具有的特殊结构所决定的。鱼类的鳃由众多的鳃丝组成，每一鳃丝又含有数千个鳃小片，形成极大的适于气体交换的表面积，最大化的表面积有利于 O_2 和 CO_2 的交换。鳃小片是气体交换的场所，鳃丝和鳃小片上布满了各种复杂的管道、嵴、沟、坑等结构，鳃丝的水流方向与遍布鳃小片的血流方向相反，鳃丝和鳃小片的这些特点使气体、离子和渗透物质的交换最大化，使外部环境和血液之间的物质交换距离最小化。一般来说，活跃鱼类与缓慢活动鱼类的鳃表面有极大的不同 (Guo & Wang, 1988)，表层水体栖息鱼类与底层栖息鱼类的鳃表面也存在差异 (Wang & Dong, 1990)。

本观察的结果表明，鲑点石斑鱼和大眼鳜鳃的表面结构和微细结构与其他硬骨鱼类基本相似，鳃丝表面也都具有规则或不规则分布的环形微嵴、沟、坑、孔等结构。鲑点石斑鱼的鳃丝表面一部分较为平坦，另一部分则凹凸不平，两种结构可在同一区域找到，推测为鳃丝的侧面和正面的交界，这与Fang et al (2001) 将苏氏鲶鲶鳃丝表面分为呼吸面 (由毛细血管及微绒毛构成凹凸不平部分) 和非呼吸面 (由四至六边形不等的微嵴细胞构成较为平坦部分) 的描述相似。细致的观察发现这两种不同的表面仍然以扁平上皮细胞为主，可能是氯细胞和

粘液细胞分布和数量上的差异及分泌的粘液层特化的一种形式，这种表皮凹凸不平结构增加了鳃的表面积，增大表面的阻力，延缓水流经鳃表面的时间，从而有利于水分子和其他离子的吸附。大眼鳜的鳃丝表面凹凸不平，可能与其上分布较多的粘液细胞有关。

两种鱼的鳃小片也与其他硬骨鱼类的鳃小片具类似的超微结构。鲑点石斑鱼的鳃小片高度要较大眼鳜的高，因而具有更大的表面积。从原理上讲，平坦型鳃小片的有效呼吸面积仅为测量面积的 70%（Hughes，1984）；鳃小片变厚使气体扩散距离变大，这些使得呼吸摄氧效率变低。Wang & Dong（1990）用扫描电镜观察鲢鲫鳃丝后认为：鲢鱼低矮平坦的鳃小片的摄氧效率低，因此容易缺氧浮头。鲑点石斑鱼和大眼鳜的鳃小片都比较高，表面都是凹凸不平，这可能因为两种鱼都生活在水域的底层，都是突袭式伏击型凶猛鱼类，持续游泳能力不强，这种结构应该是两种鱼对低溶氧环境的适应。

鲑点石斑鱼和大眼鳜鳃上皮的几种细胞的形态结构及数量分布存在细微的差异。鲑点石斑鱼鳃上的扁平上皮细胞界限清楚，而大眼鳜鳃上的扁平上皮细胞之间紧密相连，界限模糊；生活于海水的鲑点石斑鱼的鳃丝和鳃小片上氯细胞的数量明显比生活于淡水的大眼鳜的多，而鳃丝表面的粘液细胞的数量则是大眼鳜较多，这可能是前者对海水这一渗透压比淡水高得多的高渗溶液的适应。海水硬骨鱼类和淡水硬骨鱼类的氯细胞在形态上存在差异。本文对鲑点石斑鱼和大眼鳜的氯细胞的观察结果与 Laurent（1984）、Wang & Dong（1990）、Hossler et al（1979）及 Van Der Heijden et al（1997）对海水硬骨鱼类和淡水硬骨鱼类氯细胞观察的结果是一致的。Laurent（1984）及 Hossler et al（1979）证实在海水种类，氯细胞的粘液表层通常沉积在扁平上皮细胞的下面，在扁平细胞之间产生"开孔"，氯细胞通常展示多层细胞的复杂结构、一个更为复杂的细胞内管状系统和一个顶部的腺窝。Sardet（1980）、Sardet et al（1979）和 Karnaky（1992）将氯细胞和相邻扁平上皮细胞之间的紧密联接的"开孔"又称为"坑"（deep）。海水硬骨鱼类存在辅助细胞，与氯细胞相邻，且两种细胞分享同一层，有较浅的连接，被认为在氯细胞和辅助细胞之间存在一个渗漏的侧面细胞的通道，Karnaky（1992）认为这种结构是海水硬骨鱼类鳃具有相当高的渗透能力的形态学基础。本文只进行了扫描电镜的观察，难以确定鲑点石斑鱼这种结构的存在。淡水硬骨鱼类鳃上的氯细胞通常缺乏顶部的腺窝，相邻扁平上皮细胞紧密连接，通常在相邻扁平上皮细胞上方有粘稠的表层。Hwang（1988）、Perry et al（1992）和 Marshall et al（1997）等认为淡水鱼类的氯细胞顶部的微绒毛可增加粘液的表面积。粘液细胞表面的分泌粘液被认为起润滑、保护和抑制微生物的作用（Carmona et al，2004）。

综上所述，本文通过对两种鱼的鳃表面结构的扫描电镜观察比较，发现海水和淡水鱼类鳃的微细结构由于对环境的适应而表现出一些差异。海水鱼类和淡水鱼类鳃上皮的几种细胞的形态结构差异与它们的功能之间的关系，仍有待通过透射电镜、组织化学分析等方法和实验进行更深入的研究。

参考文献：

Carmona R, GarcíaGallego M, Sanz A, Domezaín A, OstosGarrido MV. 2004. Chloride cells and pavement cells in gill epithelia of *Acipenser naccarii*: Ultrastructural modifications in seawateracclimated specimens [J]. *J. of Fish Biol.*, **64** (2): 553.

Guo SH, Wang LC. 1988. A scanning electron microscopical observation of the surface of the gill of carp [J]. *J. Acta Hydrobiologica Sinica*, **12** (1): 54-59. [郭淑华，王良臣. 1988. 鲤鳃表面结构扫描电镜研究. 水生生物学报，**12** (1): 54-59.]

Fang ZQ, Zheng WB, Xiao Z, He XY, Ye YY. 2001. Observation on the fine structure of the gill in *Pangasius sutchi* [J]. *J. Fisheries of China*, **25** (6): 489-491. [方展强，郑文彪，肖智，何小媛，叶艳艳. 2001. 苏氏鲑鲶鳃超微结构观察. 水产学报，**25** (6): 489-491.]

Fernandes MN, Perna-Martins SA. 2001. Epithelial gill cells in the armored catfish, *Hypostomus plecostomus* (Loricariidae) [J]. *Rev. Bras. Biol.*, **61** (1): 59-63.

Hossler FE, Ruby JR, Mellwain TD. 1979. The gills arch of the mullet, *Mugil cephalus*: Ⅱ. Modification in surface ultrastructure and Na/K-ATPase content during adaptation to various salinities [J]. *J. Exp. Zool.*, **208**: 399-405.

Hughes GM. 1984. General anatomy of the gills [A]. In: Hoar WS, Randall DJ. Fish Physiology, Vol. 10A: Gills [M]. Orlando: Academic Press. 52-54.

Hwang PP. 1988. Multicellular complex of chloride cells in the gills of freshwater teleosts [J]. *J. Morphol.*, **196**: 15-22.

Karnaky KJ Jr. 1992. Teleost osmoregulation: Changes in the tight junction in response to the salinity of the environment [A]. *In*: Cereijido M. Tight Junctions [M]. Boca Raton: CRC Press. 175

-185.

Laurent P. 1984. Gill internal morphology [A]. In: Hoar WS, Randall DJ. Fish Physiology, Vol. 10A: Gills [M]. New York: Academic Press. 148-151.

Marshall WS, Bryson SE, Darling P, Whitten C, Patrick M, Wilkie M, Wood CM, Buckland-Nicks J. 1997. NaCl transport and ultrastructure of opercular epithelium from a freshwater-adapted euryhaline teleost, *Fundulus heteroclitus* [J]. *J. Exp. Zool.*, **277**: 23-37.

Perry SF, Goss GG, Laurent P. 1992. The interrelationships between gill chloride cell morphology and ionic uptake in four freshwater teleosts [J]. *Can. J. Zool.*, **70**: 1775-1786.

Rajbanshi VK. 1977. The architecture of the gill surface of the catifish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch): SEM study [J]. *J. Fish Biol.*, (10): 325-329.

Sardet C. 1980. Freeze fracture of the gill epithelium of euryhaline teleost fish [J]. *Am. J. Physiol.*, **238**: R207-212.

Sardet C, Pisam M, Maetz J. 1979. The surface epithelium of teleostean fish gills: Cellular and junctional adaptations of the chloride cell in relation to salt adaptation [J]. *J. Cell Biol.*, **80**: 96-117.

Van Der Heijden AJH, Verbost PM, Eygensteyn J, Li J, Bonga SEW, Flik G. 1997. Mitochondria-rich cells in gills of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) adapted to fresh water or seawater: Quantification by confocal laser scanning microscopy [J]. *J. Exp. Biol.*, **200**: 55-64.

Wang ZY, Dong SL. 1990. Observation of gill filaments in silver carp, *Hyporphthalmichths molitrix*, and crucian carp, *Carassium auratus* with scanning electronic microscope (SEM) [J]. *J. Dalian Fisheries College*, **5** (2): 69-73. [王志余，董双林. 1990. 鲢鲫鳃丝的扫描电镜观察. 大连水产学院学报，**5** (2): 69-73.]

Xing WX, An LG, Yang GW, Yin M. 2000. A scanning electron microscopical observation of the gill of *Clarias fuscus* [J]. *J. Fisheries of China*, **24** (2): 101-103. [邢维贤，安利国，杨桂文，尹 苗. 2000. 胡子鲶鳃扫描电镜的观察. 水产学报，**24** (2): 101-103.]